

PAT-NO: JP411092296A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11092296 A

TITLE: SUBSTRATE FOR GROWING GALLIUM  
NITRIDE CRYSTAL AND ITS  
USE

PUBN-DATE: April 6, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TADATOMO, KAZUYUKI

OKAGAWA, HIROAKI

MIYASHITA, KEIJI

OUCHI, YOICHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

mitsubishi cable ind ltd

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP09259081

APPL-DATE: September 24, 1997

INT-CL (IPC): C30B029/38, H01L033/00 , H01S003/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a substrate for growing a GaN crystal capable of producing a thick high-quality GaN crystal substrate free from defects such as dislocation and provide a process for producing a GaN crystal substrate by using the above substrate.

SOLUTION: A mask layer 2 is formed on a surface of a base substrate 1 enabling the growth of a GaN crystal, plural openings 4 are

formed on the upper  
face of the mask layer and the surface of the base  
substrate is exposed at the  
bottom in the openings. The arrangement pattern of the  
openings on the upper  
surface of the mask layer is a pattern to position the  
openings on the crossing  
points of a mesh having a quadrate form S1 as the smallest  
constituent unit.  
The quadrate S1 has a parallelogramic form or a square form  
devoid of the side  
of the (11-20) direction of the GaN crystal growing on the  
base substrate.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成11年(1999)4月6日

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 9 頁)

**最終頁に続く**

- 1 ベース基板  
2 マスク層  
4 開口部  
S1 網目の最小構成単位の四角形

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaN系結晶が成長可能なベース基板の面にマスク層が設けられ、マスク層はそれ自身の表面からは実質的に結晶成長し得ない材料からなり、マスク層の上面には複数の開口部が設けられ、該開口部内の底にはベース基板が露出しており、

マスク層の上面における開口部の配置パターンが、四角形を最小構成単位とする網目の交点に開口部が位置するよう配置されたパターンであって、その網目の最小構成単位の四角形が、平行四辺形であるか、または、ベース

10 基板上に成長するGaN系結晶の〈11-20〉方向の辺を有しない方形であることを特徴とするGaN系結晶成長用基板。

【請求項2】 開口部の開口形状が、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈1-100〉方向に延びる平行な2辺を有する方形である請求項1記載のGaN系結晶成長用基板。

【請求項3】 上記平行四辺形が、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈1-100〉方向に延びる平行な2辺を有する平行四辺形である請求項1記載のGaN系

20 結晶成長用基板。

【請求項4】 上記平行四辺形が、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈11-20〉方向に延びる平行な2辺を有する平行四辺形である請求項1記載のGaN系結晶成長用基板。

【請求項5】 上記平行四辺形が、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈1-100〉方向に延びる直線および〈11-20〉方向に延びる直線のいずれも辺に含まない平行四辺形である請求項1記載のGaN系結晶成長用基板。

30 【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載のGaN系結晶成長用基板を用い、該基板上の開口部内の底に露出したベース基板面を出発点としてマスク層上を覆うまでGaN系結晶層を成長させる工程を有することを特徴とするGaN系結晶基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、GaN系結晶成長用基板と、それを用いたGaN系結晶基板の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般的なGaN系半導体結晶（以下、GaN系結晶）の厚膜成長方法としては、サファイア基板上にZnO等のバッファ層を形成し、その上にヒドライド気相エピタキシャル成長法（以下、HVPE）で該GaN系結晶を成長させる方法がある。また、その改良技術として、サファイア基板に代え、スピネル、LGO、LAO、ZnO、SiC等の基板を用いたり、易劈開性の基板を用いたり、或いは基板表面にマスクを設けその上に選択成長させる方法等がある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、GaN系結晶が厚膜成長すると、GaN系結晶とサファイア基板との格子定数及び熱膨張係数の違いから界面に多大のストレスが掛かり、GaN系結晶が割れ大型基板が得られないといった問題点があった。また、転位密度が極めて大きい（ $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2} \sim 1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ）基板しか得られないといった問題点があった。ここで転位とは、基板上に半導体層を成長させるときに、格子定数が合致していない（格子不整合）状態で成長させた場合に発生する欠陥であり、これら転位は結晶欠陥であるため非発光再結合中心として働いたり、そこが電流のパスとして働き漏れ電流の原因になるなど、当該GaN系半導体材料を発光素子に用いた場合に発光特性や寿命特性を低下させる原因となる。

【0004】本発明は、厚膜で、しかも転位などの欠陥を内包しない高品質なGaN系結晶基板を得ることができるGaN系結晶成長用基板と、それを用いたGaN系結晶基板の製造方法を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下の特徴を有するものである。

(1) GaN系結晶が成長可能なベース基板の面にマスク層が設けられ、マスク層はそれ自身の表面からは実質的に結晶成長し得ない材料からなり、マスク層の上面には複数の開口部が設けられ、該開口部内の底にはベース基板が露出しており、マスク層の上面における開口部の配置パターンが、四角形を最小構成単位とする網目の交点に開口部が位置するよう配置されたパターンであ

30 て、その網目の最小構成単位の四角形が、平行四辺形であるか、または、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈11-20〉方向の辺を有しない方形であることを特徴とするGaN系結晶成長用基板。

【0006】(2) 開口部の開口形状が、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈1-100〉方向に延びる平行な2辺を有する方形である上記(1)記載のGaN系結晶成長用基板。

【0007】(3) 上記平行四辺形が、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈1-100〉方向に延びる平行な2辺を有する平行四辺形である上記(1)記載のGaN系結晶成長用基板。

40 【0008】(4) 上記平行四辺形が、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈11-20〉方向に延びる平行な2辺を有する平行四辺形である上記(1)記載のGaN系結晶成長用基板。

50 【0009】(5) 上記平行四辺形が、ベース基板上に成長するGaN系結晶の〈1-100〉方向に延びる直線および〈11-20〉方向に延びる直線のいずれも辺に含まない平行四辺形である上記(1)記載のGaN系結晶成長用基板。

【0010】(6)上記(1)～(5)のいずれかに記載のGa<sub>N</sub>系結晶成長用基板を用い、該基板上の開口部内の底に露出したベース基板面を出発点としてマスク層上を覆うまでGa<sub>N</sub>系結晶層を成長させる工程を有することを特徴とするGa<sub>N</sub>系結晶基板の製造方法。

【0011】本明細書でいう「平行四辺形」は、「方形」を含まない。

【0012】ベース基板自体の結晶方位とその上に成長するGa<sub>N</sub>系結晶の結晶方位とは一義的な関係にあるが、完全に一致しない場合がある。例えばサファイア結晶基板のC面上に成長するGa<sub>N</sub>結晶は、C軸方向には一致しているが、a軸については互いに回転方向に30°ずれた関係にある。従って、本明細書では、ミラー指数(hk<sub>l</sub>)によって、ベース基板面やマスク層上面などの面内に特定の方向を指定する場合、別段の断りが無い限り、ベース基板面に成長した結果のGa<sub>N</sub>系結晶の結晶方位で示すものとする。

【0013】本明細書では、Ga<sub>N</sub>系結晶などの六方格子結晶の格子面を4つのミラー指数(hk<sub>l</sub>)によって指定する場合があれば、記載の便宜上、指数が負のときには、その指数の前にマイナス記号を付けて表記するものとし、この負の指数に関する表記方法以外は、一般的なミラー指数の表記方法に準じる。従って、Ga<sub>N</sub>系結晶の場合では、C軸に平行なプリズム面(特異面)は6面あるが、例えば、その1つの面は(1-100)と表記し、6面を等価な面としてまとめる場合には{1-100}と表記する。また、前記{1-100}面に垂直でかつC軸に平行な面を等価的にまとめて{11-20}と表記する。また、(1-100)面に垂直な方向は[1-100]、それと等価な方向の集合を<1-100>とし、(11-20)面に垂直な方向は[11-20]、それと等価な方向の集合を<11-20>と表記する。但し、図面では、指数が負である場合には、その指数の上にマイナス記号を付けて表記しミラー指数の表記方法に全て準じる。

【0014】本明細書では、ベース基板面のうち、マスク層によって被覆された領域を「マスク領域」、マスク層に設けられた開口部内の底面に露出した領域を「非マスク領域」とも呼んで説明する。マスク層の上面の領域は、マスク領域に等しいものとみなし、同義として説明に用いる。

【0015】

【作用】本発明者らは、先にGa<sub>N</sub>系結晶とサファイア結晶基板との格子定数及び熱膨張係数の違いに起因するGa<sub>N</sub>系結晶層のクラック対策として、図7に示すように、ベース基板1上に、マスク層2を設け、該マスク層に開口部をマトリクス状に点在させて設け(換言すると、マスク層を格子状に設け)、該開口部内にベース基板面を露出させてこの部分を非マスク領域とし、図6(a)に示すように、非マスク領域11だけにGa<sub>N</sub>系

結晶層30を成長させることを提案している(特開平7-273367号公報)。ベース基板面全体に対してチップサイズのGa<sub>N</sub>系結晶層30を点在させることによって、個々のGa<sub>N</sub>系結晶層の面積が微小化し、クラックは防止される。

【0016】その後本発明者らがさらに研究を重ねた結果、点的に成長させたGa<sub>N</sub>系結晶層30をさらに成長させると、厚さ方向だけでなく、図6(b)に示すように、厚さ方向に垂直な方向、即ち、開口部を中心としてマスク層上面に沿って拡がる方向(以下、単に「横方向」という)へも成長が行われることが確認された。しかも、厚さ方向(C軸方向)と同じ程度の成長速度があり、結晶方位依存性が判明した。

【0017】さらに、Ga<sub>N</sub>系結晶層30におけるGa<sub>N</sub>系結晶中に存在する転位は、ベース基板を含む下地から継承するか、何れかの成長界面で発生し、結晶成長と共に成長する特性があるが、図6(b)に示す如く、マスク層2の上に当たる領域(≡マスク領域)には発生源となる下地(成長界面)が存在しないので、無転位状態となることを知見した。また、上述の横方向の成長をさらに進めると、図6(c)に示す如く、Ga<sub>N</sub>系結晶はマスク層2の上を完全に覆ってマスク層を埋め込み、この領域には非常に欠陥の少ない平坦でクラックの無い大型且つ厚膜のGa<sub>N</sub>系結晶層3が得られる事を見いだした。

【0018】また、開口部の形状については、外形線に<1-100>方向の辺を有する形状が好ましいことがわかった。特に<1-100>方向に延びる平行な2辺を有する方形状とすることによって、この開口部から横方向に成長するGa<sub>N</sub>系結晶(以下、単に「結晶」ともいう)の成長面には、{11-20}面が確保される。この{11-20}面はオフファセットな面であり、ファセットな{1-100}面(M面)に比べて、結晶が高速に成長する。逆に、ファセットな面は、安定した面であって、結晶成長は遅い。

【0019】さらに本発明者らは、マスク層に開口部を点在させるに際し、開口部の配置パターンを、図7に示すような<1-100>方向、<11-20>方向の直交のマトリクス状配置としたときに、解決すべき問題が存在することを見出した。これを次に説明する。図8(a)は、図7の1つの開口部およびその周辺を部分的に拡大し、1つの方形状の開口部からGa<sub>N</sub>系結晶が横方向に成長する様子を示した図である。開口部4aはGa<sub>N</sub>系結晶に隠れており二点鎖線で示している。開口部4aの辺のうち<1-100>方向に延びる辺からは、オフファセットな面32が<11-20>方向へ高速に成長し、また、<11-20>方向に延びる辺からは、ファセットな面31が<1-100>方向へ緩やかに成長する。説明のために、以下、オフファセットな面を太い破線で、ファセットな面を太線で示す。結晶が開口部

から横方向に成長を開始した直後は、横方向の成長面は互いに直交する2方向の面(図8(a)では31、32)だけとみなしてよい。しかし、成長が進むにつれ、面31と面32とが交わる角部にファセットな面33が現れる。

【0020】従って、開口部を、図7に示すような $\langle 1-100 \rangle$ 方向、 $\langle 11-20 \rangle$ 方向の直交のマトリクス状配置としたとき、図8(b)に示すように、その最小のマトリクス $2 \times 2$ を構成する4つの開口部4a、4b、4c、4dに囲まれて各々から等しい距離にある中央の領域(中心点mの付近)は、ある時点で、成長の遅いファセットな面33a、33b、33c、33dだけで閉鎖的に囲まれた状態になる。

【0021】いったん、このようなファセットな面だけで囲まれた状態になると、次の問題が生じる。これが上記した解決すべき問題である。

A. 成長の遅いファセットな面だけで囲まれているから、その囲まれた領域(空間)を、結晶成長を継続して閉じるためには長時間を要する。

B. 結晶成長を継続して囲まれた領域を閉じるとき、その間、結晶は厚さ方向(C軸方向)には高速で成長するので、囲まれた領域が閉じる頃には、結晶の厚さは意図した寸法をはるかに超えて無駄に長大な寸法となる。

C. 囲まれた領域が閉じたとしても、最後に閉じた部分(中心m)は、4方向からの成長面がほぼ1点に合流した状態となるために、その合流した部分の結晶品質は、少しずつ結晶方位の異なったものが融合したものとなり、転位を含む高密度の欠陥が集中した低い結晶品質となる。

【0022】本発明では、開口部の配置パターンを、 $\langle 11-20 \rangle$ 方向、 $\langle 1-100 \rangle$ 方向の直交の方形マトリクス状配置を避け、平行四辺形、または $\langle 11-20 \rangle$ 方向の辺を含まない方形とすることによって、ファセットな面だけで囲まれる状態を回避し、上記3つの問題のうち少なくとも1つを改善している。特に、図3に示すように、各開口部から集合して来た結晶の成長面が中央の領域を囲んだ時、2つのファセットな面と、1つのオフファセットな面とによって囲む状態となるように、開口部の位置を移動することによって、上記3つの問題は次のように全て解消する。

a. オフファセットな面の高速な成長によって、囲まれた領域を短時間で閉じることができる。

b. 囲まれた領域が厚さ方向の成長に対して早い時期に閉じるため、意図する厚さの結晶を得ることができる。

c. 最後に閉じた部分(中心m)は、3方向から集まった結晶構造となるために、4方向からの集合に比べて結晶品質が改善される。これに加えて、囲まれた領域が早い時期に閉じその後厚さ方向に成長するので、閉じた部分の結晶品質は、厚さ方向へ成長するにつれて回復し、意図する厚さとなった時点における表層付近の結晶

品質は、閉じた時点よりもさらに改善されている。

【0023】

【発明の実施の形態】 先ず、本発明によるGa<sub>2</sub>N系結晶成長用基板について説明する。図1に示すように、ベース基板1(マスク層を部分的に切欠いて見せている)の面上にマスク層2が設けられている。マスク層2にはその上面から複数の開口部4が設けられ、該開口部内の底にベース基板面が露出している。マスク層2の上面における開口部4の配置パターンは、マスク層の上面に四角形S1(太線で示す)を最小構成単位とする網目を想定し、その網目の交点に開口部3が位置する様に配置されたパターンである。本発明では、マスク層上面に想定した前記網目(以下、単に「網目」とだけいう)の最小構成単位である四角形S1を、平行四辺形とするか、または、 $\langle 11-20 \rangle$ 方向の辺を有しない方形とする。

【0024】ベース基板は、Ga<sub>2</sub>N系結晶が成長可能なものであればよく、例えば、従来からGa<sub>2</sub>N系結晶を成長させる際に汎用されている、サファイア、水晶、SiC等を用いてもよい。なかでも、サファイアのC面、A面、6H-SiC基板、特にC面サファイア基板が好ましい。またこれら材料の表面に、Ga<sub>2</sub>N系結晶との格子定数や熱膨張係数の違いを緩和するためのZnO、MgOやAlN等のバッファ層を設けたものであっても良い。

【0025】ベース基板は、成長させるGa<sub>2</sub>N系結晶となるべく格子定数が近く且つ熱膨張係数ができるだけ近いものを選択することが、転位などの欠陥を本来的に少なくする点及びクラック等をより生じにくくする点で望ましい。また、後述するマスク層の薄膜形成の際における高熱やエッチングに対する耐性に優れることが好ましい。このような点から、ベース基板は、少なくともその表層がIn<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Al<sub>z</sub>N( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1, x+y+z=1$ )からなるものが挙げられる。具体的には、サファイア基板上に、MOVPE法によりZnOやAlN等のバッファ層、及びGa<sub>2</sub>N又はGaAlNの薄層を順次成膜したものが好適に用い得る。このようなベース基板であれば、該ベース基板上に成長させるGa<sub>2</sub>N系結晶内に新たに発生する転位の密度を低く抑える事が出来、良好な結晶性を得ることができる。

【0026】マスク層は、それ自身の表面からは実質的にGa<sub>2</sub>N系結晶が成長し得ない材料を用いる。このような材料としては、例えば非晶質体が例示され、さらにこの非晶質体としてSi、Ti、Ta、Zr等の窒化物や酸化物等が例示される。特に、耐熱性に優れると共に成膜及びエッチング除去が比較的容易なSiO<sub>2</sub>膜が好適に使用できる。

【0027】マスク層は、例えば真空蒸着、スパッタ、CVD等の方法により基板全表面を覆うように形成した後、通常のフォトリソグラフィー技術によって光感光性

10

20

30

40

50

レジストのパターニングを行い、エッチングによって基板の一部を露出させる等の手段で形成される。

【0028】開口部の開口形状は、上記作用の説明で述べたように、〈1-100〉方向に延びる平行な2辺を有する方形が好ましい。この〈1-100〉方向に延びる2辺からは、オフファセットな面が高速に成長を開始するので、この辺を長い寸法として確保することが好ましく、逆に、〈11-20〉方向に延びる2辺は、短くする方が基板面の無駄がない。

【0029】開口部の開口形状は、全てを合同な形状とする必要はなく、必要に応じて大小の変化を設けてもよい。開口形状をさらに好ましく限定する条件については、開口部の配置パターンと関連させて後述する。

【0030】開口部の配置パターンは、上記したように、網目の最小構成単位の四角形を、平行四辺形、または、〈11-20〉方向、〈1-100〉方向からなる方形以外の方形となるように配置するパターンである。図1の態様では、網目の最小構成単位の四角形は、〈1-100〉方向に延びる平行な2直線 $y_1$ 、 $y_2$ の一边を2辺として有する平行四辺形S1である。同図では、説明のために開口部の総数を9穴としている。マスク層上面に想定される網目全体のパターンは、図1の例では、〈1-100〉方向に延びる平行な直線 $y_1 \sim y_3$ と、これらと直角以外の角度 $\theta_1$ (=平行四辺形の内角の1つ)で交わる平行線 $m_1 \sim m_3$ とが交差してなる網目である。網目全体の外周形状は、同図の例では最小構成単位の平行四辺形S1と相似形になっているが、例えば、開口部4e、4fを省略するなど、基板の外形に応じて外周付近の開口部を増設・削減してよい。

【0031】また、網目の最小構成単位の四角形を、〈1-100〉方向に延びる平行な2辺を有することが条件の平行四辺形とする場合、その様な網目のパターンは、図1の例のように2方向の平行線だけで決定された全て合同な平行四辺形からなるものだけではない。例えば、図2(a)のように、互いに鏡面对称の平行四辺形S1、S2を交互に組合わせたパターンや、図2(b)のように、全ての平行四辺形S11、S12、S21、S22を互いに異なる平行四辺形として組合わせたパターン、および、図2(a)、(b)のパターンを任意に組合わせたパターンなどが挙げられる。

【0032】開口部の配置パターンを図1～図2に示す態様とすることによって、網目の最小構成単位である平行四辺形の4つの頂点に位置する開口部4a、4b、4c、4dから集まって来た結晶の成長面が中央の領域を囲んだ時、ファセットな面だけで4方を囲まれる状態が解消される。この特徴をより顕著なものとするためには、図3に示すように、2つのファセットな面33a、33cと、1つのオフファセットな面32dによって囲まれる状態(このとき、面33b、33d、32aによって囲まれる状態も同時に存在する)となるように、網

目の最小構成単位である平行四辺形の形状と開口部の開口形状とを次のように決定するのが好ましい。

【0033】開口形状については、〈1-100〉方向の長辺を有する長方形とする場合、該長辺の長さは、図3で説明すると、2つの開口4a、4cからのファセットな面33aと面33cとが接触したとき、オフファセットな面32dがこれら面33aと33cと対峙し三角形を形成し得るように、オフファセットな面の成長に伴う減少を考慮して十分な長さとするのが好ましい。具体的な開口形状の寸法を例示すると、〈1-100〉方向 $10\mu\text{m} \sim 10\text{mm}$ 、〈11-20〉方向 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ の範囲のなかから、〈1-100〉方向に長い長方形となるよう選択するのが好ましい。

【0034】網目の最小構成単位である平行四辺形の形状については、〈1-100〉方向の2辺のうち的一方が、他方に対して、該辺の長さの半分だけ〈1-100〉方向にずれた形状が好ましい。換言すると、図1の場合では、平行四辺形の4つの頂点に位置する開口部4a、4b、4c、4dのうち、3つの開口部の組(4a、4c、4d)および(4a、4d、4b)が各々2等辺三角形の頂点に位置するような平行四辺形の形状である。平行四辺形の〈1-100〉方向の辺の長さは、上記開口形状の寸法と、〈1-100〉方向の開口部間の間隙(マスク領域の長さ)とから決定される。〈1-100〉方向の開口部間の間隙は、 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 程度であり、これに対して結晶が高速に成長する〈11-20〉方向の開口部間の間隙は、 $2\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 程度である。これら寸法は、横方向の結晶成長速度を参照し決定すればよい。

【0035】次に、開口部の配置パターンの他の態様を示す。図4に示す態様は、網目の最小構成単位の四角形を、〈11-20〉方向に延びる平行な2辺を有する平行四辺形S3とした態様である。同図に示す態様とすることによって、横方向に結晶を成長させた場合には、ファセットな面だけで囲まれた状態(ハッチングで示す領域)となり、早期にこの領域が閉じることはできないが、図8(b)に示す4方向からの合流の態様と比べると、上記作用の説明で述べたように、最後に閉じた部分は、3方向から合流した結晶構造となるために、結晶品質が改善される。

【0036】図5に示す態様は、網目の最小構成単位の四角形を、〈1-100〉方向に延びる直線および〈11-20〉方向に延びる直線のいずれも辺に含まない平行四辺形とした態様である。また、網目の最小構成単位の四角形を、〈1-100〉方向に延びる直線および〈11-20〉方向に延びる直線のいずれも辺に含まない方形とする態様も、図5と同じ作用を示す同類である。このような態様とすることによって、横方向の成長面が中央の領域を囲んだときの形状は複雑になるが、オフファセット面の存在によって、この領域は早期に閉じ

られ、図1の態様と同様、最後に閉じる部分の結晶品質が改善され得る。

【0037】本発明のGa<sub>N</sub>系結晶基板の製造方法は、上記説明のGa<sub>N</sub>系結晶成長用基板を用いてGa<sub>N</sub>系結晶を成長させる製造方法である。Ga<sub>N</sub>系結晶の成長は、ベース基板上的非マスク部（開口部の底面）が出発点となって始まる。成長を続けると、図6(a)に示すように、開口部内はGa<sub>N</sub>系結晶によって充填され、さらに図6(b)に示すように、Ga<sub>N</sub>系結晶はマスク層の上面よりも高く膨出する。このとき、Ga<sub>N</sub>系結晶は高さ方向（C軸方向）だけでなく、前記膨出部の側面を出発点として横方向へも成長が始まる。横方向への成長については、図1～5に示すとおりである。やがて、横方向への成長面によって囲まれた領域は閉じ、図6(c)に示すように、マスク層2上を完全に覆うと共に厚さ方向への成長が継続し、Ga<sub>N</sub>系結晶層が形成される。このGa<sub>N</sub>系結晶層だけを切り出して、またはベース基板と一体のままで、Ga<sub>N</sub>系結晶基板として用いる。

【0038】本発明によるGa<sub>N</sub>系結晶成長用基板上に形成されたGa<sub>N</sub>系結晶層は、図6(c)に示すように、非マスク部直上に相当する部分には転位等の欠陥が継承されることがある。しかし、少なくともマスク層2上の部分は、膨出部の側面（転位等の欠陥が存在しない面）を出発点とする横方向成長にて形成されたものである。このため、転位等の欠陥が存在しない極めて高品質な結晶である。しかもGa<sub>N</sub>系結晶層とベース基板との直接接触部位は非マスク部のみであって接触面積は小さく、両者の熱膨張係数の相違の影響をあまり受けないことから、厚肉のGa<sub>N</sub>系結晶層が容易に成長させ得るという利点もある。

【0039】本発明のGa<sub>N</sub>系結晶成長用基板上に結晶成長させるべきGa<sub>N</sub>系結晶は、式In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Al<sub>z</sub>N（0≤X≤1, 0≤Y≤1, 0≤Z≤1, X+Y+Z=1）で決定される化合物半導体である。特に、厚膜層として有用なものとしてはGa<sub>N</sub>が挙げられる。

【0040】Ga<sub>N</sub>系結晶の成長方法については制限はなく、HVPE、MOVPE、MBEなどが例示できるが、とりわけHVPEは成長速度が非常に大きいという利点があるため好ましい。

【0041】本発明の製造方法によって得られたGa<sub>N</sub>系結晶基板またはGa<sub>N</sub>系半導体基板を用い、該基板上にクラッド層と活性層とからなる発光部等及び電極を形成することで、LEDやLD等の発光素子を製造することができる。

【0042】

【実施例】

実施例1

本実施例では、図1に示す様に、開口部の配置パターンにおける網目の最小構成単位の四角形を、〈1-10

0〉方向に延びる平行な2辺を有する平行四辺形として、Ga<sub>N</sub>系結晶成長用基板を製作し、さらに、該基板を用いてGa<sub>N</sub>系結晶基板を製作した。

【0043】〔Ga<sub>N</sub>系結晶成長用基板の製作〕直径2インチ、厚さ330μm、C面サファイア基板上に、MOVPE装置を使って、厚さ20nmのAlNバッファ層を低温成長し、続いて1.5μmのGa<sub>N</sub>薄層を成長し、ベース基板とした。この基板の表面に、SiO<sub>2</sub>薄膜からなるマスク層をスパッタリング法で全面に形成した後、エッチングによって開口部を設け、図1に示すタイプのGa<sub>N</sub>系結晶成長用基板を得た。

【0044】開口部の開口形状は全て合同であって、〈11-20〉方向3μm×〈1-100〉方向100μmの長方形である。

【0045】開口部の配置パターンは、互いに隣合った開口部間の間隔（開口部間に挟まれたマスク領域の幅）が、〈11-20〉方向5μm、〈1-100〉方向2μmであって、網目の最小構成単位の平行四辺形における〈1-100〉方向の2辺のうちの一方が、他方に対して、該辺の長さの半分だけ〈1-100〉方向にずれてなる平行四辺形のパターンである。

【0046】〔Ga<sub>N</sub>系結晶層の形成〕上記Ga<sub>N</sub>系結晶成長用基板をHVPE装置に装填し、図6に示すように、非マスク領域を出発点として厚さ200μmのGa<sub>N</sub>系結晶層を形成した。Ga<sub>N</sub>系結晶はマスク層上を横方向にも成長しマスク層を完全に覆った。

【0047】Ga<sub>N</sub>系結晶層上の平坦性は良好であった。また、各開口部から結晶が横方向に成長して合流した部分は、3方向から1点への合流であり、合流の後に厚さ方向に成長し、表層付近の結晶品質は良好であった。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、Ga<sub>N</sub>系結晶成長用基板における開口部の配置パターンの特徴によって、〈11-20〉方向、〈1-100〉方向の直交マトリクス状配置パターンに比べて、各開口部から横方向に成長した結晶が早期に合流点を閉じることが可能となり、その後の厚さ方向への成長によって、結晶品質を改善することができる。また、合流点に集合する横方向の成長面の数も、4面から3面へと減少でき、この点からも結晶品質は改善される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のGa<sub>N</sub>系結晶成長用基板の一例を示す図であって、マスク層上の開口部の配置パターンを示す図である。

【図2】図1に示す開口部の配置パターンのバリエーションを示す図である。基板から配置パターンだけを抜き出して示している。図2(b)の紙面上での結晶方位は図2(a)と同様、上下〈1-100〉、左右〈11-20〉である。



11

【図3】図1または図2の配置パターンによる作用を示す図である。

【図4】本発明のGa<sub>2</sub>N系結晶成長用基板における開口部の配置パターンの他の例を示す図であって、同時に、各開口部から成長した結晶の横方向の成長面が中央の領域を囲んだ状態を示している。囲まれた領域にはハッチングを施している。

【図5】本発明のGa<sub>2</sub>N系結晶成長用基板の他の例を示す図である。

【図6】Ga<sub>2</sub>N系結晶層がマスク層上を横方向に成長する様子を示す図である。

【図7】開口部の配置パターンを、 $\langle 1-100 \rangle$ 方向と $\langle 11-20 \rangle$ 方向からなる直交のマトリクス状の配置パターンとした例を示す図である。この図では、マス

12

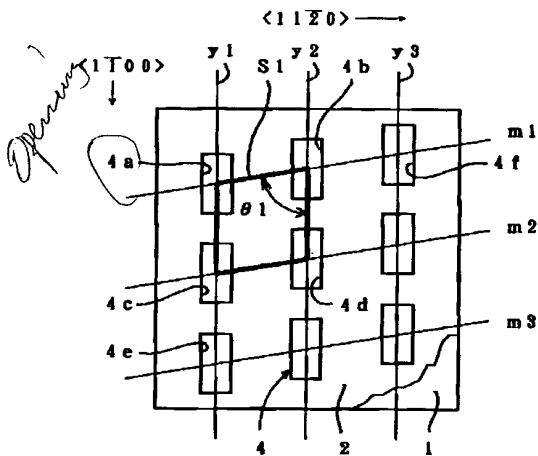
ク層2を一部破断で切欠いてベース基板1を見せている。マスク層上面にはハッチングを施しており、各開口部4の内部底面にはベース基板面が現れている。

【図8】開口部から結晶が横方向に成長する様子を示す図であって、特に、図8(b)では、Ga<sub>2</sub>N系結晶が4方向から1点に合流する状態を示している。図8(b)の紙面上での結晶方位は図8(a)と同様、上下 $\langle 1-100 \rangle$ 、左右 $\langle 11-20 \rangle$ である。

【符号の説明】

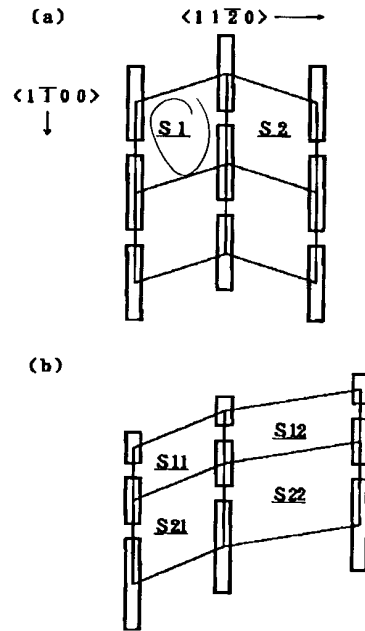
- |    |               |
|----|---------------|
| 1  | ベース基板         |
| 2  | マスク層          |
| 4  | 開口部           |
| S1 | 網目の最小構成単位の四角形 |

【図1】

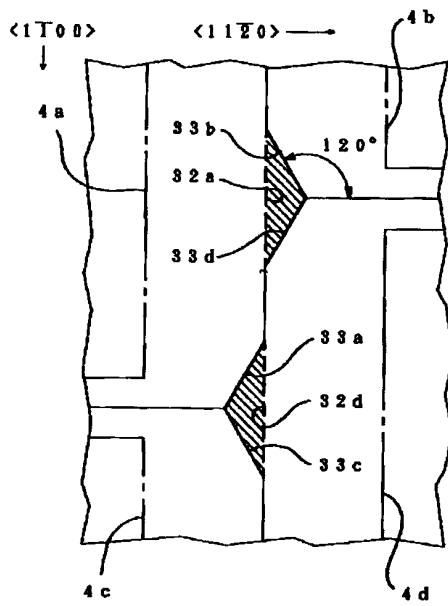


- |    |               |
|----|---------------|
| 1  | ベース基板         |
| 2  | マスク層          |
| 4  | 開口部           |
| S1 | 網目の最小構成単位の四角形 |

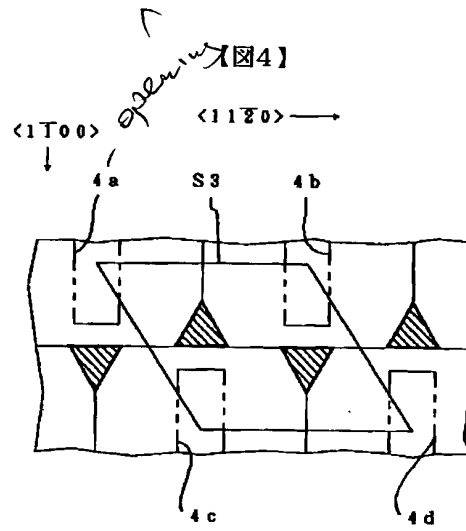
【図2】



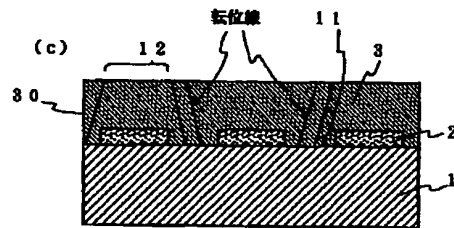
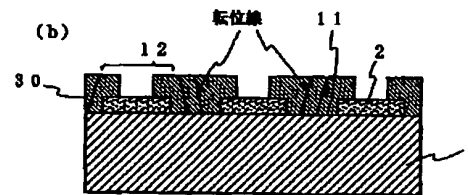
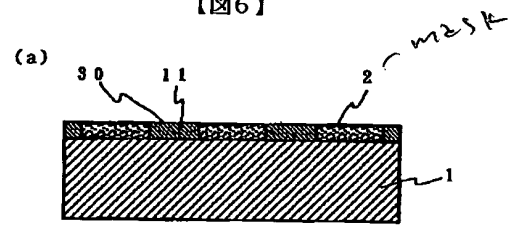
【図3】



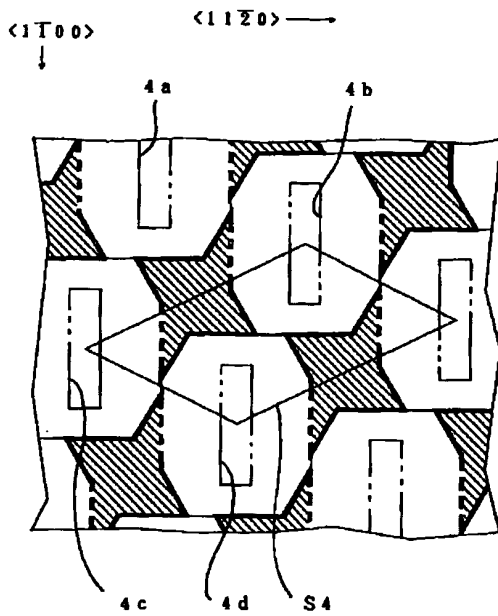
【図4】



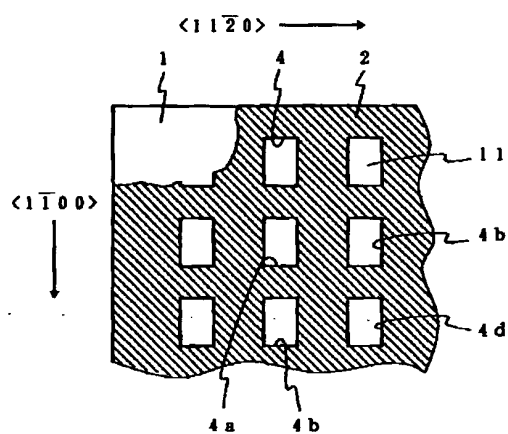
【図6】



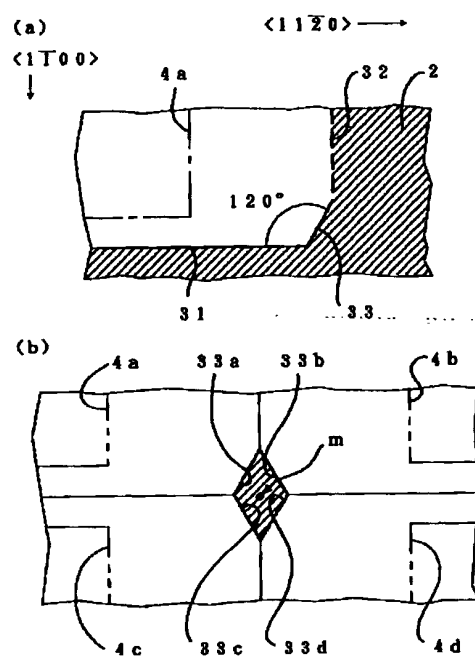
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 大内 洋一郎

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線

工業株式会社伊丹製作所内